

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-333729

(43)Date of publication of application : 02.12.1994

(51)Int.Cl.

H01F 7/02  
// H01F 1/08

(21)Application number : 05-121709

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 24.05.1993

(72)Inventor : ISHIBASHI TOSHIYUKI  
AKIOKA KOJI  
SHIMODA TATSUYA

## (54) ANISOTROPIC MAGNET, AND METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an anisotropic magnet with improved magnetic properties in a shorter time at improved productivity by specifying its anisotropic combination.

CONSTITUTION: An isotropic magnet is formed with pressure in such a manner that magnetic powder is oriented in an air-core coil. The magnet is demagnetized in another air-core coil, after it is compressed again if necessary. The air-core coils comprise superconducting magnets, and the magnetic powder is magnetized before it is oriented in the air-core coil. The isotropic degree of the magnet shall be in the range expressed in the formula, where Br<sub>x</sub> is the residual flux density (Br) measured along the isotropy, and Br<sub>y</sub> and Br<sub>z</sub> are the residual flux density measured perpendicular to Br<sub>x</sub>.

$$\frac{Br_x}{\sqrt{Br_x^2 + Br_y^2 + Br_z^2}} \times 100 \geq 85\%$$

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3182979

[Date of registration] 27.04.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19)日本国特許庁（J P）(12)特 許 公 報（B 2）(11)特許番号  
特許第3182979号  
(P3182979)  
(45)発行日 平成13年 7 月 3 日(2001. 7. 3)(24)登録日 平成13年 4 月27日(2001. 4. 27)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>識別記号F I  
H 0 1 F 7/02H 0 1 F 7/02C

請求項の数 9 (全 5 頁)

(21)出願番号	特願平5-121709	(73)特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
(22)出願日	平成 5 年 5 月24日(1993. 5. 24)	(72)発明者	石橋 利之 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号セイコーエプソン株式会社内
(65)公開番号	特開平6-333729	(72)発明者	秋岡 宏治 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号セイコーエプソン株式会社内
(43)公開日	平成 6 年12月 2 日(1994. 12. 2)	(72)発明者	下田 達也 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
審査請求日	平成12年 5 月24日(2000. 5. 24)	(74)代理人	100093388 弁理士 鈴木 喜三郎 (外 1 名)
		審査官	植松 伸二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 異方性磁石、その製造方法および製造装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異方性の度合が、  
【化 1】

$$\frac{Br_x}{\sqrt{Br_x^2 + Br_y^2 + Br_z^2}} \times 100 \geq 85\%$$

で示される範囲であることを特徴とする異方性磁石。ここで Br<sub>x</sub>は異方性をつけた方向に測定したときの残留磁束密度（Br）の値、Br<sub>y</sub>およびBr<sub>z</sub>は異方性の方向に垂直なふたつの方向に測定したときの Br の値である。

【請求項 2】 上記異方性磁石の形状が、円柱状、円筒状またはリング状であり、異方性はその軸方向についていることを特徴とする請求項 1 記載の異方性磁石。

【請求項 3】 異方性磁石を成形する際、先ず磁性粉末もしくは磁性粉末とバインダーとからなるコンパウンド（以下磁性粉末と記した場合、コンパウンド中の磁性粉末も含む）を空芯コイルの中で配向させその場で加圧成形し、必要に応じて再度加圧成形し、その後先の磁場配向用の空芯コイルとは別の磁場コイルで成形体を脱磁することを特徴とする異方性磁石の製造方法。

【請求項 4】 上記空芯コイルが連続的に磁場を発生していることを特徴とする請求項 3 記載の異方性磁石の製造方法。

【請求項 5】 上記空芯コイルが超伝導磁石であることを特徴とする請求項 3 記載の異方性磁石の製造方法。

【請求項 6】 上記磁性粉末を上記空芯コイルの中で配向させる前に、あらかじめ上記磁性粉末を磁化させておくことを特徴とする請求項 3 記載の異方性磁石の製造方

法。

【請求項7】 上記空芯コイル中の配向および成形を、50℃以上の温度で行なうことを特徴とする請求項3記載の異方性磁石の製造方法。

【請求項8】 磁性粉末を配向させるための空芯コイルとその中で磁性粉末を加圧する装置、必要に応じて別の加圧装置、そして配向用空芯コイルとは別の成形体脱磁用磁場コイルから構成されることを特徴とする異方性磁石の製造装置。

【請求項9】 上記磁場配向用空芯コイルの発生する磁場中に超伝導材料を配置させたことを特徴とする請求項8記載の異方性磁石の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、異方性磁石の製造のうち特に成形方法および成形装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、異方性磁石の成形方法および装置に関しては、主に銅からなる線材を数百ターン巻いた磁場コイルと透磁率・飽和磁化の高い磁性体で構成された電磁石を用いており、その磁気回路の磁極間に発生した磁界を配向および脱磁に利用していた。

【0003】異方性磁石の配向磁場に空芯コイルを用いる例としてパルス磁場を利用することが知られていた（特開昭61-241905および特開昭61-243102など）。

【0004】各工程を並行に行なう装置としては、例えばロータリープレスなどが知られていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の技術における異方性磁石の製造方法および製造装置においては、以下の問題点を有する。

【0006】（1）従来の成形装置には磁場コイルは一個しか用意されておらず、この一個の磁場コイルで磁性粉末の配向および成形体の脱磁を行なっていた。したがって、給材、配向、成形、脱磁、取り出しの各工程を順番に行なう必要があり、一回の成形に短くても30秒以上の時間を要していた。

【0007】（2）生産性を向上させるために、一つの磁場コイルで複数個の磁石を一回で成形することが行なわれているが、成形圧や配向磁場の不足により得られる異方性磁石の磁気特性も低いものでしかなかった。

【0008】（3）従来の磁気回路はほとんどの場合磁場コイルと鉄などの磁性体とで構成されており、配向磁場は磁性体の飽和磁化に制限されることから、純鉄を用いた場合21.5kG、鉄とコバルトの合金の場合でも24kGであり、磁場強度はこれに制限されることに加え、磁場コイルと磁極＝配向部の距離が離れている場合など磁気回路によっては配向磁場はさらに低下していた。

【0009】（4）従来の磁場コイルと磁性体を組み合わせた磁気回路を用いた場合、脱磁工程も磁場強度を減衰させながら反転させることにより実現していたが、磁場の反転に時間を要するため時間がかかっていた。

【0010】（5）パルス磁場を配向磁場に用いる場合、磁場と加圧を同期させる必要があり、装置が複雑になるだけでなく工程にも時間がかかってしまう。

【0011】（6）ロータリープレスの場合も磁場コイルは磁性体と組み合わせた磁気回路となっており、配向および脱磁工程に時間を要することや磁場強度が磁性体の飽和磁化に制限されるといった問題を抱えていることに変わりはない。

【0012】そこで、本発明はこのような問題点を解決するもので、その目的とするところは、一回の成形に要する時間を短縮できることから生産性を向上させ、得られる磁気特性の向上も実現する異方性磁石の製造方法および製造装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の異方性磁石は、異方性の度合が、

【0014】

【化2】

$$\frac{Br_x}{\sqrt{Br_x^2 + Br_y^2 + Br_z^2}} \times 100 \geq 85\%$$

【0015】で示される範囲であることを特徴とする。また、形状が、円柱状、円筒状またはリング状であり、異方性とその軸方向についていることを特徴とする。

【0016】本発明の異方性磁石の製造方法は、異方性磁石を成形する際、先ず磁性粉末を空芯コイルの中で配向させその場で加圧成形し、必要に応じて再度加圧成形し、その後先の磁場配向用の空芯コイルとは別の磁場コイルで成形体を脱磁することを特徴とする。空芯コイルが連続的に磁場を発生していることを特徴とする。空芯コイルが超伝導磁石であることを特徴とする。磁性粉末を上記空芯コイルの中で配向させる前に、あらかじめ上記磁性粉末を磁化させておくことを特徴とする。空芯コイル中の配向および成形を、50℃以上の温度で行なうことを特徴とする。

【0017】本発明の異方性磁石の製造装置は磁性粉末を配向させる空芯コイルとその中で磁性粉末を加圧する装置、必要に応じて別の加圧装置、そして配向用空芯コイルとは別の成形体脱磁用磁場コイルからなることを特徴とする。磁場配向用空芯コイルの発生する磁場中に超伝導材料を配置させたことを特徴とする。

【0018】

【作用】本発明の上記の構成によれば、以下の効果を有する。

【0019】（1）磁性粉末の配向用磁場コイルと成形

体の脱磁用磁場コイルを別にすることにより、例えば複数個の成形型を用意し、上記成形の各工程を並行に進めることができ、成形に要する実質的な時間を短縮することができ、成形機一台・単位時間当りの成形数を大幅に増やすことができる。

【0020】(2) 磁場コイルとして空芯コイルを用いること、すなわち磁性体とともに磁気回路を形成しないことから、発生する磁場強度は磁性体の飽和磁化に制限されず、特に超伝導コイルを用いた場合には、さらに強い磁場を利用することができ、磁性粉末の配向の程度を向上させることができ、得られる磁石の高性能化を実現できる。

【0021】(3) さらに、磁場コイルを常時磁場を発生させておくことにより、磁場の反転に要する時間を大幅に短縮させることができるだけでなく、制御に関しても単純にできる。ここで、配向の磁場反転による磁性粉末の配向促進の効果は若干損なわれるが、磁性粉末をあらかじめ磁化させた後空芯コイルに入れることにより補うことができる(特開昭58-157118などと同じ効果)。また、脱磁においても磁場をパルス状にすることができることから、ここでも時間を大幅に短縮することができる。

【0022】(4) 空芯コイルのみで磁場を発生させる場合、磁性体や非磁性体と組み合わせることで磁気回路を形成し、磁場の方法を制御することができない。しかし、空芯コイルの発生する磁場中に超伝導体を適当に配置することにより、超伝導体のマイスナー効果により磁場の流れを曲げることができ、径方向に配向させたラジアル異方性磁石などの成形も可能となる。

【0023】ここで、請求項1に記した異方性の割合に関しては、三方向が全く同じである等方性の場合には約58%であり、完全に異方性かできた場合は100%であるが、従来特に縦磁場成形品の場合良くて80%程度であったことから、これとの相違を明らかにするために85%以上とした。

【0024】磁石形状が円柱状、円筒状、リング状などで、異方性が軸方向についている異方性磁石は、成形後の二次加工なしには縦磁場成形でしか得ることができず、配向不足により異方性の割合が低く磁気特性も低いものでしかなかったが、本発明により縦磁場成形品でも異方性の割合が高い磁石を作ることができる。

【0025】また、請求項7に記した成形温度に関しては、本発明が室温だけでなくそれ以上の温度でも可能であることを示したのであり、実施例でも述べているように、ポリアミドに代表される熱可塑性樹脂を用いた場合には200~350℃であり、低融点合金をバインダーとして用いた場合には各合金の融点以上の温度ということであり、ここでは50℃以上とした。

【0026】

【実施例】以下、本発明について、実施例に基づいて詳

細に説明する。

【0027】(実施例1)  $\text{Sm}(\text{Co}_{0.584}\text{Fe}_{0.32}\text{Cu}_{0.08}\text{Zr}_{0.016})_{8.35}$ の組成となるように、高周波溶解炉で合金を溶解・鑄造し、1150℃で24時間の溶体化処理、800℃で8時間の時効処理を施し、800℃から400℃まで0.5℃/分の冷却速度で冷却した。熱処理したインゴットは20μm前後のある程度幅広い粒度分布を有する大きさの粉末に粉碎した。得られた粉末にエポキシ樹脂を約2重量%を添加し、混合・混練しコンパウンドとした。

【0028】得られたコンパウンドを成形型中に入れ、70kOeの磁場を発生している超伝導の空芯コイル中に入れ、40kgf/mm<sup>2</sup>の圧力で加圧した。成形型を超伝導コイルから取り出し、パルス磁場で脱磁し、成形体を成形型から取り出し、150℃の恒温槽中で1時間のキュアを施し、ボンド磁石とした。これを本発明1とする。

【0029】比較例として、巻線磁場コイルと純鉄のヨークとで磁気回路を形成し、そのヨークで成形型を挟み15kOeの磁場を成形型中に発生させ、加圧成形し、先と同様にボンド磁石とした。これを比較例1とした。

【0030】本発明1および比較例1の磁気測定の結果を記すと、磁気特性のうち $B_r$ 、 $iH_c$ 、 $(BH)_{max}$ は、比較例1が、

9.1kG、12.2kOe、18.4MGoe

であるのに対し、本発明1は、

9.5kG、12.7kOe、20.3MGoe

と高い磁気特性を示した。異方性の割合は、本発明1が96.2%、比較例1が84.4%であった。

【0031】このことは、縦磁場成形品(本発明1)が横磁場成形品(比較例1)よりも高性能化できたことを意味しており、その意義は大きい。

【0032】(実施例2)  $\text{Sm}=25.1$ 重量%、Feが残となるように、溶解・鑄造し、1280℃で3時間均質化処理し、200μm以下に粉碎し、550℃で4時間窒素雰囲気中で窒素を侵入させ、F.S.S.S.で2.1μmの微粉末とした。これを実施例1と同様にコンパウンドとした。

【0033】このコンパウンドを40kOeのパルス磁場で粉末着磁し、45kOeの超伝導空芯コイル中で10kgf/mm<sup>2</sup>で加圧し、空芯コイルから取り出した後50kgf/mm<sup>2</sup>で再度加圧した後脱磁して、成形体を取り出し、キュアしてボンド磁石とした。これを本発明2とした。

【0034】比較例として、実施例1の比較例1と同様の方法で配向磁場を6回反転励磁した後成形し、後は同様の方法でボンド磁石としたものを比較例2とした。

【0035】本発明2と比較例2のいずれも横磁場成形であるが、比較例2が、

8.5kG、14.8kOe、13.2MGoe



であるのに対し、本発明2は、

9.8 kG, 16.3 kOe, 20.1 MGoe  
とポテンシャルを活かした高い磁気特性を示した。また、その異方性の度合は、本発明2が94.2%に対し、比較例2は78.8%であった。

【0036】特にSm-Fe-N系磁性粉末はその粉末粒径が細くなければ磁気特性を発揮しないことから、異方性磁石を作成する際配向のためのトルクが不足し、異方性の度合が少なく磁気特性も低くなる傾向にあったことから、本発明の効果は大きい。

【0037】（実施例3）Nd<sub>13</sub>Dy<sub>2</sub>Fe<sub>70</sub>Co<sub>8</sub>B<sub>7</sub>の組成となるように、溶解・鑄造し、得られたインゴットを2~3 μmまで粉碎し、磁性粉末を得た。

【0038】この磁性粉末を図1に示すような構造の磁場中成形装置で成形、ラジアル異方性磁石を得た。具体的には、空芯コイル1中で、コア4、ダイ5、パンチ6からなる成形型中に磁性粉末3を入れ、加圧成形するわけだが、コア4の内部に超伝導体2を入れておくことにより、そのマイスナー効果のゆえ、磁束が曲げられ（磁束の流れ7）、結果的にラジアル異方性磁石が得られた。このときの配向磁場は常伝導コイルを用い約27 kOeであった。これを本発明3とする。

【0039】比較例として、反発磁場を利用したラジアル磁場成形装置を用い配向磁場約13 kOeで成形した。これを比較例3とする。

【0040】本発明3および比較例3の成形体を、1100℃で3時間焼結し、600℃で1時間熱処理し、外径8mm、内径6mm、高さ4mmのリング状のラジアル異方性焼結磁石を得た。密度はいずれも7.4 g/cm<sup>3</sup>であった。このリング状磁石を2個純鉄製のロータに取り付け、10極の着磁を施しロータ磁石とした。

【0041】各ロータ磁石の表面磁束密度を測定した結果、比較例3が1.7~1.9 kGであるのに対し、本発明3は2.2~2.4 kGであった。

【0042】これらのロータ磁石を外径20mmのステッピングモータに組み込み、パルスレートトルク特性を測定した。比較例3を用いたステッピングモータのディテントトルクが17 g・cm、ホールディングトルクが95 g・cmであったのに対し、本発明3のそれは22 g・cmおよび115 g・cmであった。

【0043】以上のことから、ラジアル異方性はその配向方法のゆえ、小径のリング磁石では配向磁場が不足することから、異方性の度合が十分でないことが多かったが、本発明により解決できたといえる。また、本発明はボンド磁石だけでなく焼結磁石でも有効であり、それを搭載したモータも高性能化しており、応用にも効果を有する。

【0044】（実施例4）いずれも重量百分率で、Nd 12.4%, Co 15.9%, B 5.8%および残部Feの組成となるように、高周波溶解炉を用いアルゴンガス

雰囲気下で溶解・鑄造し、得られたインゴットを急冷薄帯製造装置を用い、アルゴンガス雰囲気中、直径20mm銅製ロール、石英管オリフィス径0.6mm、アルゴン噴射圧4 kgf/cm<sup>2</sup>などの条件で急冷薄帯を作成した。この急冷薄帯に粉碎し、室温で圧縮成形後、アルゴン雰囲気中、750℃で20 kgf/mm<sup>2</sup>の圧力で高温圧縮成形した。この圧密体を最初の圧縮方向と垂直な方向に750℃で10 kgf/mm<sup>2</sup>のダイアップセット処理を施した。得られた圧密体を粉碎し、磁石粉末とした。得られた磁石粉末にポリアミド12を35体積%を混合し、コンパウンドとした。

【0045】このコンパウンドを型に入れ、内部を270℃に加熱した70 kOeの超伝導コイル中に挿入し、5 kgf/mm<sup>2</sup>の圧力で加圧し、そのままコイルから取り出し冷却後、脱磁し、成形体を取り出した。これを本発明4とする。

【0046】同じコンパウンドをいわゆる磁場射出成形機（発生磁場11 kOe）を用い、射出成形磁石とした。これを比較例4とする。

【0047】比較例4は、  
6.6 kG, 14.9 kOe, 9.3 MGoe  
であるのに対し、縦磁場成形の本発明4は、  
7.4 kG, 14.3 kOe, 12.3 MGoe  
と高い磁気特性を示した。異方性の度合は、本発明4が92.8%、比較例4が82.7%だった。

【0048】本発明は熱可塑性樹脂を用いたボンド磁石を温間で成形する際にも有効であることが分かる。

【0049】以上述べてきたように、本発明は磁石材料や製法に依存することなく有効であり、応用にも多大の効果を有していることは明らかである。また、異方性磁石としては他にも、SmCo<sub>5</sub>やSm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>系焼結磁石、さらにはフェライト磁石などがあるが、本発明の製造方法や製造方法はこれらの磁石でもそしてそれ以外の磁性材料にも有効であり、本発明の範囲を限定するのは特許請求の範囲のみである。

【0050】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、異方性の度合が、

【0051】

【化3】

$$\frac{Br_x}{\sqrt{Br_x^2 + Br_y^2 + Br_z^2}} \times 100 \geq 85\%$$

【0052】で示される範囲であることを特徴とすること、異方性磁石を成形する際、先ず磁性粉末を空芯コイルの中で配向させその場で加圧成形し、必要に応じて再度加圧成形し、その後先の磁場配向用の空芯コイルとは別の磁場コイルで成形体を脱磁することを特徴とすること、および、磁性粉末を配向させる空芯コイルとその中

で加圧する装置、必要に応じて別の加圧装置、そして配向用空芯コイルとは別の成形体の脱磁用磁場コイルから構成されることを特徴とすることにより、異方性磁石の成形時間を大幅に短縮できコストダウンにつながるだけでなく、配向磁場の強度の制限から解放されるために得られる異方性磁石の高性能化も期待でき、それを用いたモータなどデバイスや製品の高性能化も実現できるなど、応用面にも多大の効果を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の磁場成形装置の構造を示す

断面図。

【符号の説明】

1…空芯コイル

2…超伝導体

3…サンプル（磁性粉末）

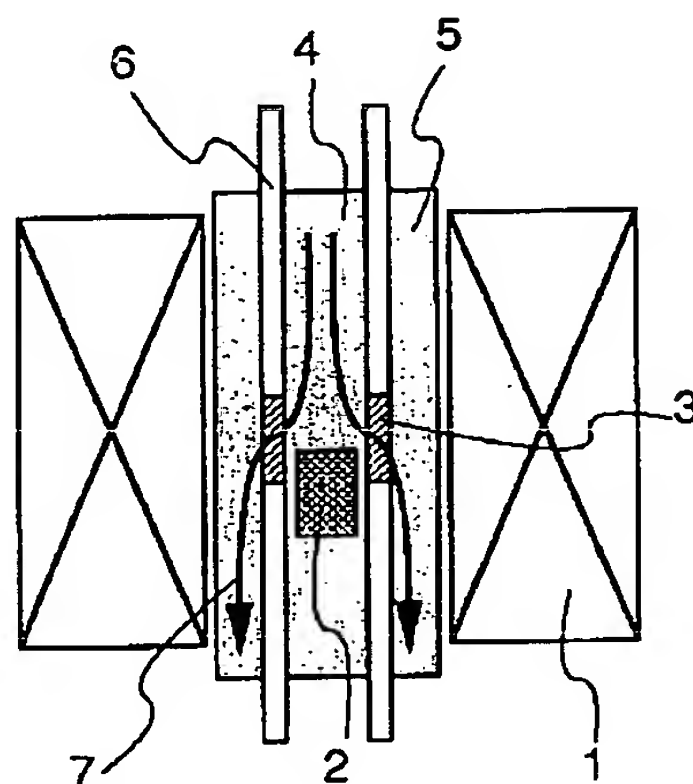
4…コア

5…ダイ

6…パンチ

7…磁束の流れ

【図1】



フロントページの続き

(58) 調査した分野(Int. Cl. 7, DB名)

H01F 7/02